

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-211399
(43)Date of publication of application : 29.07.2003

(51)Int.Cl. B81C 3/00
B81B 3/00
G01P 15/08

(21)Application number : 2002-315617 (71)Applicant : SENSOROR ASA
(22)Date of filing : 30.10.2002 (72)Inventor : HABIBI SOHEIL
HEDENSTIERNA NILS

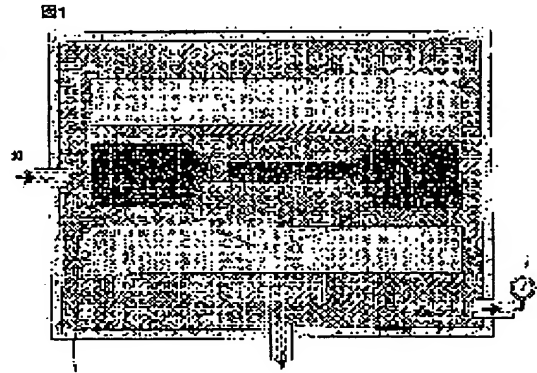
(30)Priority
Priority number : 2001 01309422 Priority date : 07.11.2001 Priority country : EP

(54) MICROMECHANICAL DEVICE AND ITS METHOD OF MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a device having a Q-factor that can be controlled with high accuracy, resulting in accuracy regarding its measurements, while seldom requiring a precise support circuit having resistance to vibration, impact and other external factors.

SOLUTION: A method of manufacturing a multilayer micromechanical device is disclosed. The device has an inner cavity having a micromechanical component element therein. The method includes the step of forming the micromechanical component element from a layer of first material, the step of providing a seal layer on at least one surface of the first material to form the cavity, the step of providing a getter material inside the cavity, the step of sealing the first material to the seal layer through an anode connection, and the step of supplying an inert gas into the cavity to adjust pressure within the cavity. A corresponding device manufactured by the method is also disclosed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-211399
(P2003-211399A)

(43) 公開日 平成15年7月29日 (2003.7.29)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
B 8 1 C 3/00		B 8 1 C 3/00	
B 8 1 B 3/00		B 8 1 B 3/00	
G 0 1 P 15/08		G 0 1 P 15/08	P

審査請求 未請求 請求項の数15 O L 外国語出願 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2002-315617(P2002-315617)
(22) 出願日 平成14年10月30日 (2002. 10. 30)
(31) 優先権主張番号 0 1 3 0 9 4 2 2. 2
(32) 優先日 平成13年11月7日 (2001. 11. 7)
(33) 優先権主張国 欧州特許庁 (E P)

(71) 出願人 599143793
センソノール エイエスエイ
SENSOROR asa
ノールウェー国, エヌ-3192 ホルテン,
ビーオウ ボックス 196
PO Box 196, N-3192 Hort
en, Norway
(72) 発明者 ホハイル ハビビ
ノールウェー国, エヌ-3192 ホルテン,
ビーオウ ボックス 196
(74) 代理人 100083839
弁理士 石川 泰男

最終頁に続く

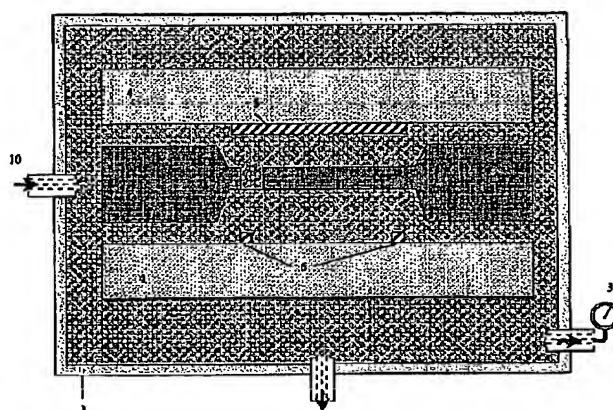
(54) 【発明の名称】 マイクロメカニカルデバイスおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 高精度で制御することが可能なQ因子を有し、その結果、その計測の点で正確であり、ならびに振動、衝撃およびその他の外部要因に対する抵抗性がある精密なサポート回路をほとんど必要としないデバイスを提供する。

【解決手段】 多層のマイクロメカニカルデバイスを製造する方法。上記デバイスは、マイクロメカニカル構成要素をその中に有する内部キャビティを備える。上記方法は、マイクロメカニカル構成要素を第1の材料の層から形成するステップと、第1の材料の少なくとも一方の表面上にシール層を設けて、キャビティを形成するステップと、キャビティ内にゲッタ材料を設けるステップと、陽極接合によって第1の材料をシール層とシールするステップと、キャビティ内部の圧力を調整するために不活性ガスをキャビティに供給するステップとを含む。上記方法によって作成された、これに対応するデバイスもまた開示されている。

図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】 マイクロメカニカル構成要素をその中に有する内部キャビティを備えた多層のマイクロメカニカルデバイスを製造するための方法であって、第1の材料の層からマイクロメカニカル構成要素を形成するステップと、

前記第1の材料の少なくとも一方の表面上にシール層を設けて、キャビティを形成するステップと、前記キャビティ内にゲッタ材料を設けるステップと、前記キャビティ内部の圧力を調整するために不活性ガスを供給しながら、陽極接合によって前記第1の材料を前記シール層にシールするステップとを含む方法。

【請求項2】 前記陽極接合プロセスが、350℃～450℃の範囲の温度で行われる、請求項1に記載の方法。

【請求項3】 前記ゲッタがチタニウムである、請求項1または2に記載の方法。

【請求項4】 前記不活性ガスがアルゴンである、請求項1から3のいずれか1つに記載の方法。

【請求項5】 前記第1の材料がシリコンである、請求項1から4のいずれか1つに記載の方法。

【請求項6】 前記シール層が、ガラスまたはガラスによってスパッタされたシリコンのうちの1つから形成される、請求項1から5のいずれか1つに記載の方法。

【請求項7】 前記ゲッタが前記シール層上に予備形成される、請求項1から6のいずれか1つに記載の方法。

【請求項8】 前記第1の層の側に相互に対向する2つのシール層が設けられている、請求項1から7のいずれか1つに記載の方法。

【請求項9】 マイクロメカニカル構成要素がその中に形成されている第1の層と、前記第1の層がそれに陽極接合されてキャビティを形成しているところの少なくとも1つのシール層と、前記キャビティ内に設けられたゲッタと、前記キャビティ内の圧力が調整されるように、前記キャビティ内に供給された不活性ガスを備える多層のマイクロメカニカルデバイス。

【請求項10】 前記ゲッタがチタニウムである、請求項9に記載のデバイス。

【請求項11】 前記不活性ガスがアルゴンである、請求項9または10に記載のデバイス。

【請求項12】 前記第1の層の材料がシリコンである、請求項9から11のいずれか1つに記載のデバイス。

【請求項13】 前記シール層が、ガラスまたはガラスによってスパッタされたシリコンからなる群のうちの1つから形成されている、請求項9から12のいずれか1つに記載のデバイス。

【請求項14】 前記ゲッタが前記シール層に付着されている、請求項9から13のいずれか1つに記載のデバ

イス。

【請求項15】 前記第1の層の各側面上に1つずつ2つのシール層が設けられている、請求項9から14のいずれか1つに記載のデバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、共振加速度計や超精密加工されたジャイロスコープなどの、多層のマイクロメカニカルデバイスの分野に関する。

【0002】

【従来の技術】潜在的な問題を避けるために、このようなデバイスの物理的特性を調整できることが望ましい。たとえば、このようなデバイスが高い品質(Q)因子を有することがしばしば必要とされる。しかし、極めて高いQ因子を有する共振器は、望ましくないモードを共振させることがある、外的な振動および衝撃を受ける場合がある。デバイスのキャビティを形成しているパッケージングの内部の圧力を制御することによって、調整を行うことができる。この圧力を減少させるために、デバイスは、真空中でまたは低圧で、個別にパッケージされ、シールされる。しかし、個々のセンサの真空パッケージングは、コストのかかるプロセスであり、そのため、大量で低コストな生産には適していない。

【0003】プロセスに起因して生じる振動のため、キャビティ内部の圧力に対する影響がさらに認められる。たとえば、ウェハレベルでのシールのための周知の技術であり、多くの利点を有する陽極接合を使用する場合、真空中で行った場合の接合の副産物として、ある量のガス抜けがある。これによって、キャビティ内部の圧力は、接合チャンバの底部の圧力よりも高くなり、これが予測できないため、陽極接合プロセスで作製されたデバイスがそのQ因子の製造変動を補償するのにかなりの制御回路を必要とする程度まで、プロセス全体の品質が低下する。このガス抜けは、また、キャビティ圧力が望ましいであろうほど低くないとき、高いQ因子を達成することが困難であることを意味している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、上述した問題を解決することが可能な、マイクロメカニカルデバイスおよびその製造方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、マイクロメカニカル構成要素をその中に有する内部キャビティを備えた多層のマイクロメカニカルデバイスを製造する方法であって、第1の材料の層からマイクロメカニカル構成要素を形成するステップと、前記第1の材料の少なくとも一方の表面上にシール層を設けて、キャビティを形成するステップと、前記キャビティ内にゲッタ材料を設けるステップと、前記キャビティ内部の圧力を調整するために不活性ガスを供給しながら、陽極接合によって

前記第1の材料をシール層とシールするステップとを含む方法が提供される。

【0006】本発明によれば、マイクロメカニカル構成要素がその中に形成されている第1の層と、前記第1の層がそれと陽極接合されてキャビティを形成しているところの少なくとも1つのシール層と、前記キャビティ内に設けられたゲッタと、前記キャビティ内の圧力が調整されるように、前記キャビティ内に供給された不活性ガスとを備える、多層のマイクロメカニカルデバイスがさらに提供される。

【0007】陽極接合プロセスは、350℃～450℃の範囲の温度で行われてもよい。ゲッタは、チタニウムであってもよく、シール層のうちの1つの上に予備成形されてもよい。不活性ガスは、アルゴンであってもよい。2つのシール層があってもよい。マイクロメカニカル構成要素の材料は、シリコンであってもよく、シール層は、ガラスまたはシリコン、またはガラスによってスパッタされたシリコン製であってもよい。

【0008】本発明によるデバイスは、高精度で制御することができるQ因子を有し、その結果、その計測の点で正確であり、そして、振動、衝撃およびその他の外部要因に対する抵抗性がある精密なサポート回路をほとんど必要としないデバイスになる。

【0009】本発明によるプロセスは、簡単で、コストにおいて有効であり、そして、プロセス全体の損失を減らしながら、高度のQ因子制御と共に確実にデバイスを製造することができる。

【0010】本発明の一実施例を、ここで添付の図面を参照にして説明する。

【0011】

【発明の実施の形態】図1を参照すると、その中で本発明の方法が実施されるところの接合チャンバは、排出口2に取り付けられたポンプ（図示せず）および圧力ゲージ3の使用によって、制御された低圧力または真空中に保持されている。チャンバ1の内部に、製造されるべきデバイスの構成要素が配置される。この例では、デバイスは共振タイプの加速度計またはジャイロスコープである。

【0012】接合チャンバ1の内部の構成要素は、第1および第2の包囲層4を備える。これらの層は、ガラス、シリコン、またはガラスでスパッタされたシリコンから形成されていてもよい。包囲層4の一方の表面上には、プロセスの最終製品のための検出回路を提供する金属層5が形成される。もう一方の包囲層4上には、チタニウムまたはその他の適切なゲッタ材料から形成された、1つまたは複数のゲッタ構成要素6が形成される。2つの包囲層4の間には、その上にデバイス構成要素8を作成するために機械加工された、シリコン層7が配置される。

【0013】公知の陽極接合技術によって、包囲層4を

シリコンデバイス層7にシールすることにより、完全なデバイス9（図2）を形成することができる。これらの技術は、構成要素を350～450℃の範囲の温度にまで加熱すること、および適切な電荷を加えてシールを行うことを含む。このプロセス中、高温のために包囲層4から酸素が解放され、電荷が加えられる。従来技術の方法では、この酸素は、キャビティ11内へ解放されることになり、シール中、制御された圧力に影響を与える。しかし、本発明では、このようにして生成された酸素を吸収するゲッタ構成要素6が設けられている。いったん構成要素4、7のシールが完成されたあと、形成されたキャビティ11内部の圧力の正確な制御を提供するために、本発明の方法はまた、アルゴンなどの不活性ガスを取入口10を介して接合チャンバ1内に供給することが可能である。この最終結果は（図2に示すように）、調整された圧力で不活性ガスがその中にシールされた、最終デバイス9内のキャビティ11である。デバイス8を作成するために、この圧力を認識し、そして、シリコン層7の機械加工を注意深く制御することによって、精密で、しかも、製造方法によって信頼性をもって繰り返し可能な予め決定されたQ因子を有するデバイスが得られる。

【0014】シリコン機械加工プロセスの一部として、エッチングするシリコン結晶の等方性の性質のため、傾斜した領域12が層内に形成されるようにデバイス8を形成することが通常である。これらの傾斜した領域はデバイス8の主動作要素から離隔されており、このため、これらの傾斜した領域12の一般的な領域内に、好ましくはこれらがデバイス8の静電的特性、延いては、装置の動作に影響を与えないように完全にこれらの下に、ゲッタ材料を配置することが特に好ましい。このようにすると、デバイス8が移動してゲッタ材料6に付着する可能性も回避される。これらの理由により、金属電極5から最も離れたキャビティの側面にゲッタ材料を配置することもまた好ましい。この点で、別法として、ゲッタ材料をシリコン基板7上に交互に形成することが可能であることを理解されたい。

【0015】図3は、ガラスまたはシリコンの何れから形成された底部層4が、考えられる様々な公知の接合技術のいずれか1つによって、シリコン層7に付着されているところの、本発明の他の実施例の側面図を示している。ゲッタ6は、ここにおいても設けられている。ガラスから形成された上側の層4が、その後デバイスの最上部上にシールされて、そのキャビティ11内で制御された圧力を有する最終デバイス9が形成される。キャビティは、アルゴンまたは類似の不活性ガスを含む。

【0016】図4は、ベース全体が単体のシリコン層またはSOI層7から形成され、その後、上側のガラスのシール層4に陽極接合されて、前の実施例のものと同様の圧力パラメータを有するキャビティ11を設ける、他

の例のデバイスの側面図を示している。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるプロセスを示す概略図である。

【図2】本発明によるデバイスの側面図である。

【図3】シール段階が行われる前および行われた後の、本発明による第2のデバイスの側面図である。

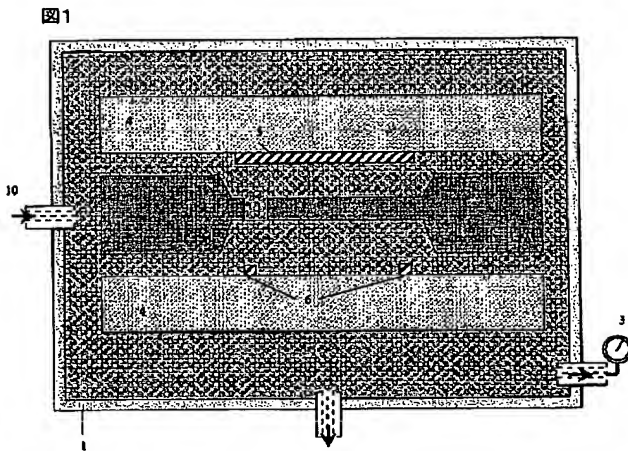
【図4】シール段階が行われる前および行われた後の、本発明による他の実施例のデバイスの側面図である。

【符号の説明】

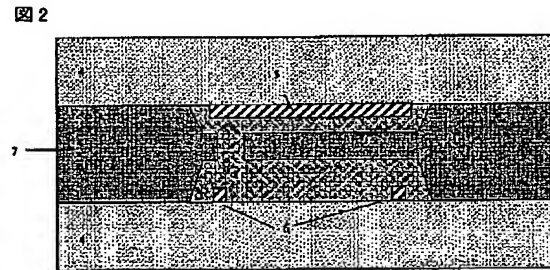
- 1 接合チャンバ
- 2 排出口

- 3 圧力ゲージ
- 4 包囲層
- 5 金属層、金属電極
- 6 ゲッタ構成要素
- 7 シリコン層、シリコンデバイス層
- 8 デバイス構成要素
- 9 デバイス
- 10 取入口
- 11 キャビティ
- 12 傾斜した領域

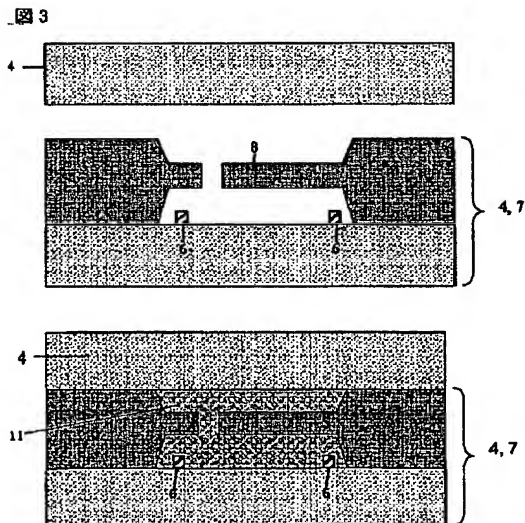
【図1】



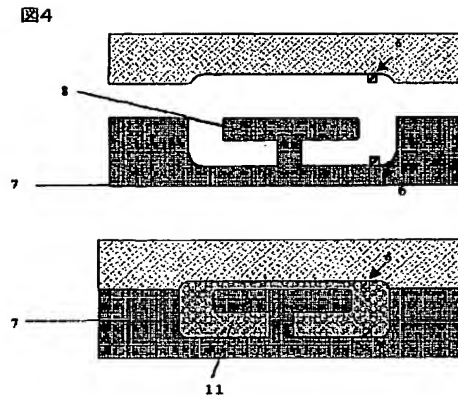
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 ニルス ヘデンシュティエルナ
ノールウェー国, エヌ-3192 ホルテン,
ピーオウ ボックス 196

【外国語明細書】

1. Title of Invention

A MICRO-MECHANICAL DEVICE AND METHOD FOR
PRODUCING THE SAME

2. Claims

CLAIMS

1. A method for producing a multi-layer, micro-mechanical device, the device comprising an internal cavity having a micro-mechanical component therein, the method comprising the steps of:
forming the micro-mechanical component from a layer of first material;
providing a sealing layer on at least one surface of the first material to define the cavity;
providing a getter material within the cavity; and
sealing the first material to the sealing layer by anodic bonding whilst supplying an inert gas to regulate the pressure inside the cavity.
2. A method according to claim 1, wherein the anodic bonding process is performed at a temperature in the range of 350°C to 450°C.
3. A method according to either claim 1 or claim 2, wherein the getter is titanium.
4. A method according to any preceding claim, wherein the inert gas is argon.
5. A method according to any preceding claim, wherein the first material is silicon.
6. A method according to any preceding claim, wherein the sealing layer is made from one of glass or silicon sputtered by glass.

7. A method according to any preceding claim, wherein the getter is preformed on the sealing layer.
8. A method according to any preceding claims wherein two sealing layers are provided, each on a side of the first layer opposite to the other.
9. A multi-layer micro-mechanical device comprising:
 - a first layer, with a micro-mechanical component formed therein;
 - at least one sealing layer, wherein the first layer is anodically bonded thereto to define a cavity;
 - a getter provided within the cavity; and
 - an inert gas provided within the cavity such that the pressure within the cavity is regulated.
10. A device according to either claim 9, wherein the getter is titanium.
11. A device according to claim 9 or claim 10, wherein the inert gas is argon.
12. A device according to any of claims 9 to 11, wherein the material of the first layer is silicon.
13. A device according to any of claims 9 to 12, wherein the sealing layer is made from one of the group of glass or silicon sputtered by glass.
14. A device according to any of claims 9 to 13, wherein the getter is attached to the sealing layer.
15. A device according to any of claims 9 to 14 comprising two sealing layers, one on each side of the sealing layer.

3. Detail of Description of Invention

1

A MICRO-MECHANICAL DEVICE AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME

This invention relates to the field of multi-layer, micro-mechanical devices such as resonant accelerometers or micro-machined gyroscopes.

It is desirable to be able to regulate the physical characteristics of such devices in order to avoid potential problems. For example there is often a need for such devices to have a high quality (Q) factor. However, resonators with very high Q-factors may suffer from external vibration and shock, which can make unwanted modes resonate. Regulation may be achieved by controlling the pressure inside the packaging which defines the cavity of the device. In order to reduce this pressure, the device is individually packaged in vacuum or at low pressure and sealed. However, vacuum packaging of individual sensors is a costly process and is not, therefore, suited for high volume, low cost production.

Further influences on the pressure inside the cavity are seen due to variations that occur because of the process. For example, if anodic bonding is used, which is a well known technique for sealing at wafer level, and has many benefits, there is a certain amount of out-gassing as a by-product of the bonding if performed in vacuum. This causes the pressure inside the cavity to be higher than the base pressure of the bonding chamber and for it to be unpredictable, reducing the quality of the overall process to an extent that devices made with an anodic bonding process require considerable control circuitry to compensate for manufacturing variations in their Q factor. This out-gassing also means that high Q-factors are difficult to achieve as cavity pressure is not as low as might be desirable.

According to the present invention there is provided a method for producing a multi-layer, micro-mechanical

device, the device comprising an internal cavity having a micro-mechanical component therein, the method comprising the steps of:

- forming the micro-mechanical component from a layer of first material;

- providing a sealing layer on at least one surface of the first material to define the cavity;

- providing a getter material within the cavity; and

- sealing the first material to the sealing layer by anodic bonding whilst supplying an inert gas to regulate the pressure inside the cavity.

According to the present invention there is further provided a multi-layer micro-mechanical device comprising:

- a first layer, with a micro-mechanical component formed therein;

- at least one sealing layer, wherein the first layer is anodically bonded thereto to define a cavity;

- a getter provided within the cavity; and

- an inert gas provided within the cavity such that the pressure within the cavity is regulated.

The anodic bonding process may be performed at a temperature in the range of 350°C to 450°C. The getter may be titanium and may be preformed on one of the sealing layers. The inert gas may be argon. There may be two sealing layers. The material of the micro-mechanical component may be silicon and the sealing layers may be made from glass or silicon or silicon sputtered by glass.

The device according to the present invention has a Q-factor which can be controlled to a high degree of accuracy, resulting in a device which requires little precise support circuitry yet which is accurate in terms of its measurement as well as resistant to vibration and shock and other external factors.

The process according to the invention is simple and

3

cost-effective as well as ensuring that devices can be manufactured with a high degree of Q-factor control, reducing overall process wastage.

One example of the present invention will now be described with reference to the accompanying drawings, in which:

Figure 1 is a schematic diagram showing a process according to the present invention;

Figure 2 is a side view of a device according to the present invention.

Figure 3 are side views of a second device according to the present invention before and after a sealing stage is performed; and

Figure 4 is a side view of a further example device according to the present invention, again before and after sealing is performed.

Referring to figure 1, a bonding chamber in which the method of the present invention is performed is kept at a controlled low pressure or vacuum by employment of a pump (not shown) attached to an outlet 2 and a pressure gauge 3. Inside the chamber 1 are positioned the component of a device to be manufactured. In this example, the device is a resonance type accelerometer or gyroscope.

The components inside the bonding chamber 1 include first and second encasing layers 4 which may be formed from glass, silicon or silicon sputtered with glass. Formed on the surface with one of the encasing layers 4 is a metal layer 5 which provides detecting circuitry for the end product of the process. Formed on the other encasing layer 4 are one or more getter components 6 which are formed from titanium or other appropriate getter material. Positioned between the two encasing layers 4 is a layer of silicon 7 which has been machined to have created thereon a device component 8.

A complete device 9 (figure 2) can be formed by sealing the encasing layers 4 to the silicon device layer 7 by known anodic bonding techniques. These techniques

involve heating the components to a temperature in the region of 350 to 450°C and applying an appropriate electrical charge to perform the sealing. During this process oxygen is released from the encasing layers 4 in view of the high temperatures and charges being applied. In prior art methods this oxygen would be released into the cavity 11 and affect the controlled pressure during sealing. However, with the present invention the getter component 6 is provided which absorbs the oxygen that is produced in this manner. In order to provide accurate control of the pressure within the cavity 11 that is formed once sealing of the components 4, 7 has been completed, the method of the present invention also enables the provision of an inert gas, such as argon, into the bonding chamber 1 via an inlet 10. The end result of this (as shown in figure 2) is a cavity 11 in the end device 9 which has an inert gas sealed therein at a regulated pressure. Knowledge of this pressure and careful control of the machining of the silicon layer 7 to produce the device 8 results in a device which has a pre-determined Q-factor that is precise and can be repeated reliably by the manufacturing process.

As part of the silicon machining process it is usual, because of the isotropic nature of etching silicon crystal, for the device 8 to be formed such that sloped regions 12 are formed in the layer. These sloped regions are away from the main operating components of the device 8, and it is therefore particularly preferable to place the getter material in the general region of these sloped regions 12, and preferably completely underneath them so that they do not affect the electrostatic characteristics of the device 8 and hence the operation of that device. Doing this also eliminates the possibility of the device 8 moving and sticking to the getter material 6. For these reasons it is also preferable to place the getter material on the side of the cavity furthest away from the metal electrode 5. In this regard, it should be

5

appreciated that it could be possible to alternatively form the getter material on the silicon substrate 7.

Figure 3 shows side views of an alternative example of the invention in which a bottom layer 4, formed from either glass or silicon, is attached to the silicon layer 7 by any one of a known possible number of bonding techniques. Getters 6 are again provided. An upper layer 4, formed from glass, is then sealed onto the top of the device to form an end device 9 with a controlled pressure in its cavity 11, the cavity containing argon or similar inert gas.

Figure 4 shows side views of a further example device in which the whole base is formed from a single silicon layer or SOI layer 7 which is then anodically bonded to an upper sealing layer 4 of glass to provide a cavity 11 having similar pressure parameters to those of the earlier examples.

4 Brief Description of Drawings

One example of the present invention will now be described with reference to the accompanying drawings, in which:

Figure 1 is a schematic diagram showing a process according to the present invention;

Figure 2 is a side view of a device according to the present invention.

Figure 3 are side views of a second device according to the present invention before and after a sealing stage is performed; and

Figure 4 is a side view of a further example device according to the present invention, again before and after sealing is performed.

FIGURE 1:

1/2

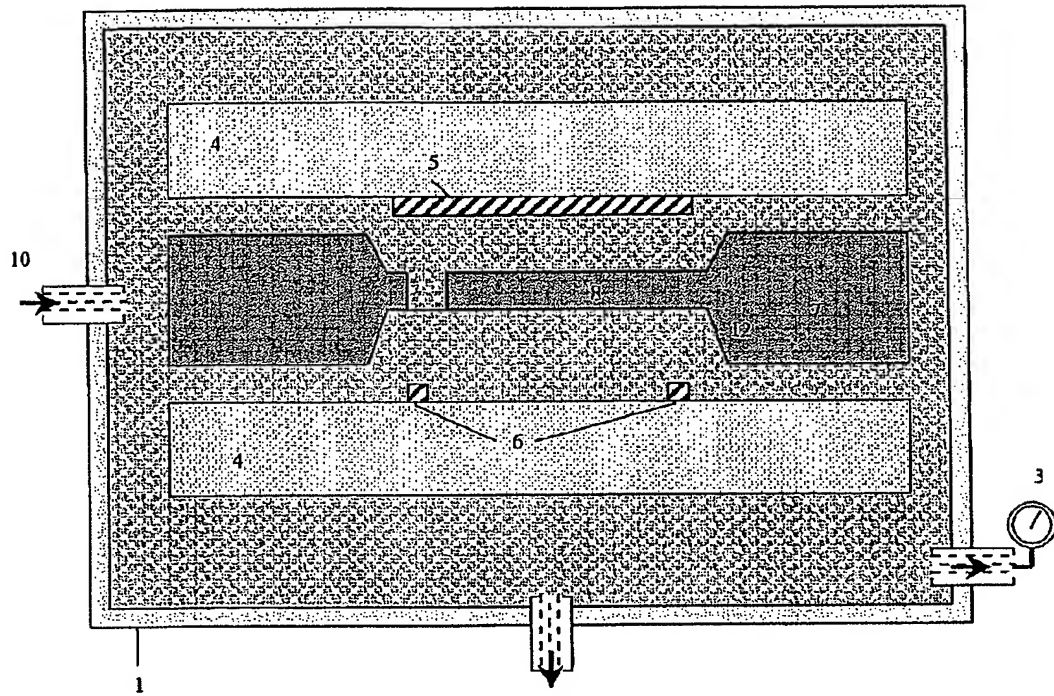


FIGURE 2:

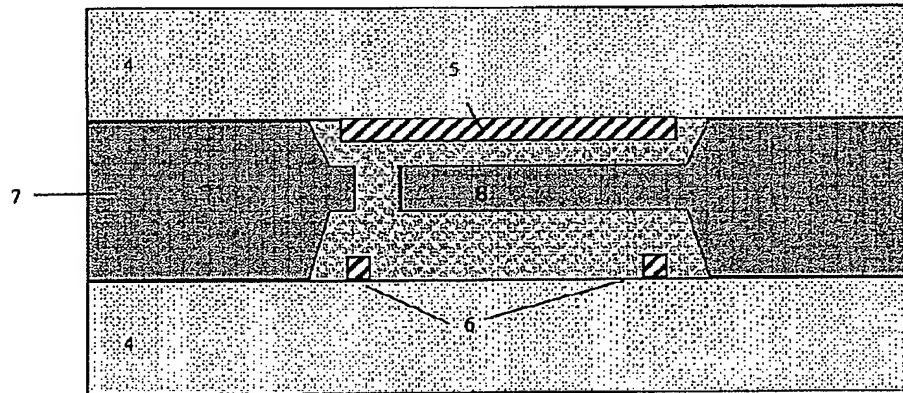


FIGURE 3:

2/2

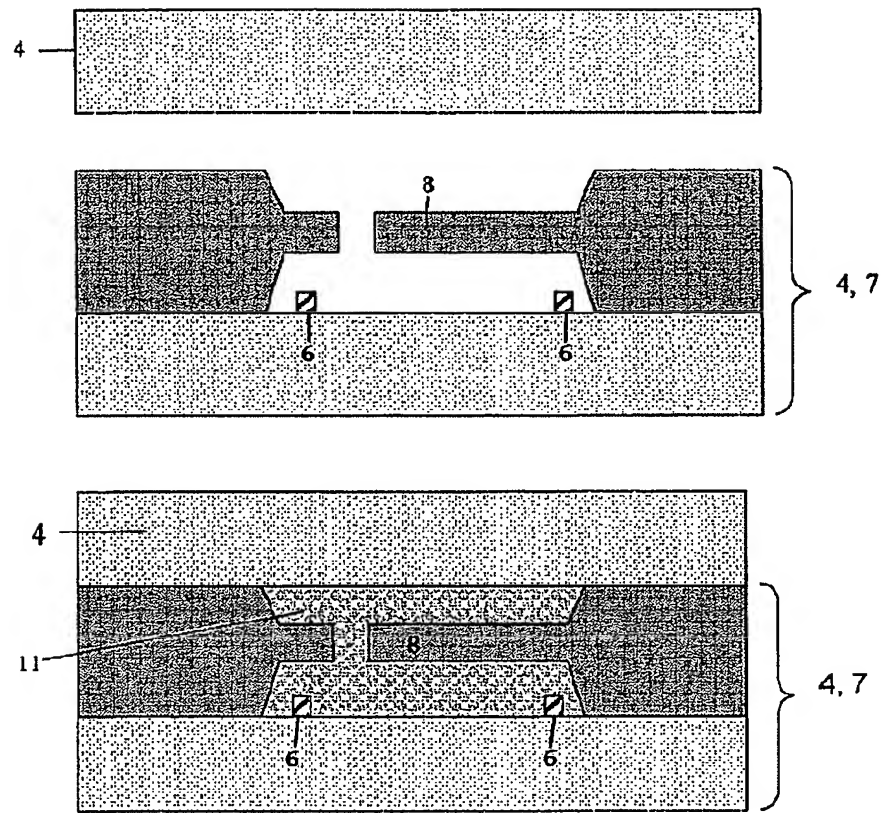
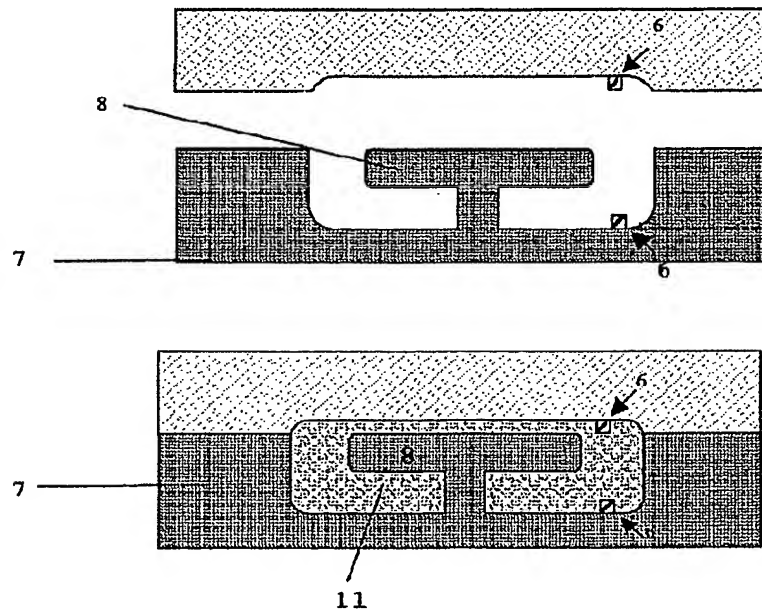


FIGURE 4:



1. Abstract

8

ABSTRACT

A method for producing a multi-layer, micro-mechanical device. The device comprises an internal cavity having a micro-mechanical component therein. The method comprises the steps of forming the micro-mechanical component from a layer of first material, providing a sealing layer on at least one surface of the first material to define the cavity, providing a getter material within the cavity, sealing the first material to the sealing layers by anodic bonding, supplying an inert gas to the cavity to regulate the pressure inside the cavity. A corresponding device produced by the method is also disclosed.

2. Representative Drawing

Figure 1

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.